

SEGUNDA MISIÓN. BAJO LA PIEL DE LEDNEM



Los paisajes de Lednem

¡Qué razón tienen nuestros visitantes-investigadores! Si una cosa es segura, es que la superficie de la Tierra es tremendamente variada, bella y, en muchas ocasiones... caprichosa: enormes cordilleras, inmensas llanuras (sobre todo en el fondo de los océanos), desiertos de arena y rocas, acantilados, grandes playas, marismas, mesetas, valles, etc.

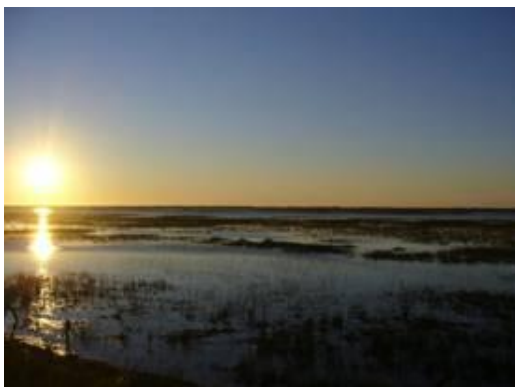
A todas estas formas de la superficie las llamamos **relieve**.



Acantilados de Maro, Málaga



Sierra Nevada, Granada



Marismas del Guadalquivir, Huelva



Desierto de Tabernas, Almería

Como sospechaban nuestros visitantes, **el relieve cambia**. Los **cambios** suelen ser **muy lentos**, pueden durar millones de años, **pero son continuos**, "no paran nunca".

A veces, sin embargo los cambios se producen de forma brusca y, por lo general, violenta (piensa, por ejemplo, en los terremotos, los volcanes, los corrimientos de tierra, etc.



A las fuerzas y los mecanismos capaces de cambiar el relieve, los llamamos **agentes geológicos**. Los hay de dos tipos:

- Agentes **internos**, que "fabrican" relieve, elevando la superficie terrestre.
- Agentes **externos**, que "destruyen" el relieve desgastando las montañas y rellenando las zonas más bajas de la superficie terrestre.

Comprueba que lo has entendido

1. ¿Cuál de las siguientes frases es más correcta?

- El relieve terrestre no cambia; ha sido así desde que la Tierra es Tierra.
- El relieve terrestre cambia continuamente gracias a la acción de los agentes geológicos.
- Los agentes geológicos internos son los únicos que modifican el relieve terrestre.

Las rocas no son tan duras como parece...



El otro día, Nietsnie escuchó a un humano decirle a otro: "...No te preocupes, en unos segundos el cemento se pondrá duro como una piedra..."

Nietsnie no pudo hacer otra cosa que reírse (al estilo de como lo hacen en su planeta, claro) y pensar "¡vaya concepto de dureza tienen los lednemmícolas!". Porque si ese humano pudiera viajar hacia el pasado remoto, como él, seguro que no diría eso pues podría ver con sus propios ojos como algo en apariencia tan suave como la brisa, o el agua de un arroyo, es capaz de destruir la roca "más dura" (despacio, sí, pero sin piedad ninguna).

Nietsnie ha aprendido muy bien cuáles son los **agentes geológicos externos**:



- La **atmósfera**.
- El **viento**.
- Los **seres vivos**.
- El **agua** (en todas sus manifestaciones: ríos, torrentes, lluvias, glaciares, mares, etc.)

Estos agentes actúan continuamente sobre las rocas de la superficie terrestre desencadenando tres procesos, llamados **procesos geológicos externos**:



- **Erosión**.
- **Transporte**.
- **Sedimentación**.

Comprueba que lo has entendido

2. ¿Cuál de las siguientes frases es más correcta?
 - a. Los procesos geológicos externos se producen gracias a la acción de los agentes geológicos externos.
 - b. Los agentes geológicos externos se producen gracias a la acción de los procesos geológicos externos.
3. ¿Cuáles de los siguientes son los agentes geológicos externos?
 - a. El viento y el agua de los ríos.
 - b. La atmósfera, el viento, los seres vivos y el agua.
 - c. La atmósfera, el viento y el agua



La **erosión** es el proceso por el que las rocas de la superficie terrestre se alteran químicamente, se rompen o se desgastan.

Algunos gases de **la atmósfera**, junto con **el agua** y ciertas **sustancias segregadas por los seres vivos**, reaccionan con los minerales de las rocas, alterándolos.

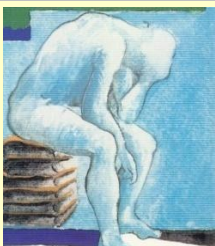
Estos **procesos químicos**, llamados **meteorización**, van "debilitando" la solidez de la roca, que se vuelve más frágil y acaba por romperse.



Acción de la meteorización sobre una enorme roca de granito La meteorización no respeta los monumentos

Otros **procesos, físicos** en este caso, también van rompiendo, disgregando y desgastando las rocas, pero sin alterarlas químicamente:

- Los cambios bruscos de temperatura.
- Las heladas.
- La acción de las raíces de las plantas.
- El viento.
- Las aguas en movimiento (ríos, mares, glaciares, etc.)



¡La fuerza de las heladas!

¿Quieres ver cómo actúan las heladas "rompiendo rocas"? En los recursos del tema encontrarás una animación sobre la "**Acción de las heladas**"

Por cierto, esta acción de las heladas tiene un nombre un tanto extraño, los geólogos lo llaman **gelifracción** (de "geli" = hielo y "fracción" = romper)



La acción conjunta de todos estos procesos, tanto físicos como químicos, es lo que se conoce como **erosión**.

Comprueba que lo has entendido

4. Indica cuál de las siguientes frases es la más correcta:

- La meteorización es un conjunto de procesos físicos y químicos.
- La erosión es el resultado de la acción de procesos tanto físicos como químicos.
- Cuando una roca ha sido meteorizada, los agentes geológicos externos no siguen actuando sobre ella

Y cuando las rocas están meteorizadas...

...Pues **depende de las condiciones** del lugar donde ha sucedido la meteorización.

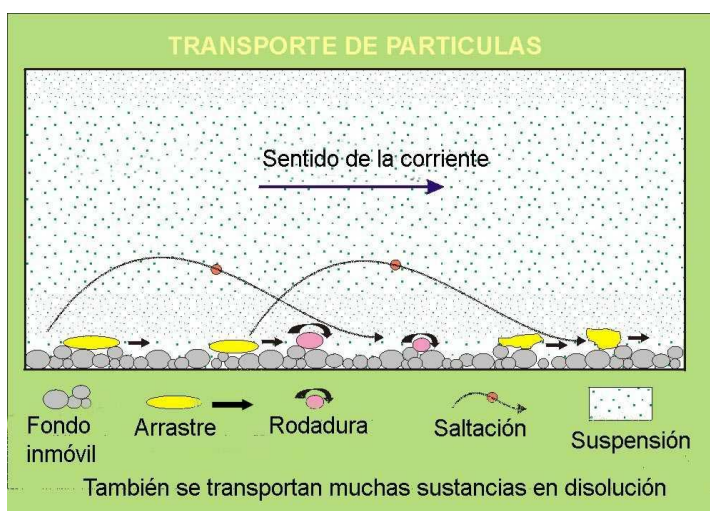
Si ha sucedido **donde no hay agentes con suficiente energía para mover los clastos** (corrientes de agua, viento, etc.), estos **quedan depositados allí mismo**, donde se han formado (*in situ*, como dicen los geólogos) **o ruedan por las laderas** hasta depositarse al pie de las mismas (como puedes ver en la fotografía).



Pero si hay agentes (viento o aguas) con energía suficiente, entonces tiene lugar el **proceso de transporte**.



El **proceso de transporte** consiste en el **desplazamiento a otros lugares** de los materiales procedentes de la erosión.



Los materiales se transportan de formas distintas, según quién los transporte (un río, el mar, el viento, un torrente, un glaciar,...) y el tipo, tamaño y peso del material. En el diagrama puedes ver las formas de transporte.

Durante el transporte, **los materiales siguen siendo erosionados** al chocar y rozar entre ellos y con los cauces.

Los que sufren un transporte más largo suelen tener los cantos más redondeados, porque se han desgastado más.



En los recursos del tema tienes una animación que te explica con detalle cómo tiene lugar el transporte, mírala con atención, se llama **“Transporte de materiales”**.

Para saber más... la formación de un suelo



Si se dan las condiciones adecuadas, los clastos siguen siendo meteorizados y terminan por convertirse en lo que los geólogos llaman un **suelo**. Lo que en el lenguaje cotidiano llamamos "suelo" no coincide con lo que los geólogos llaman suelo. En los recursos del tema tienes una animación donde puedes ver "**cómo se forma un suelo**" (en el sentido "geológico").

Como has podido ver en la animación anterior, la del transporte, a medida que el agente de transporte va perdiendo energía, va depositando los materiales que transporta y se forman así los **sedimentos**. Se realiza de este modo el **tercer proceso externo**: la **sedimentación**.



Los **sedimentos** son los **materiales** que, una vez erosionados quedan **depositados** allí donde el transporte no se puede seguir produciendo..

La sedimentación se suele producir en las zonas más bajas de la superficie terrestre:

- El fondo de mares y océanos.
- El fondo de los lagos.
- Los cauces de los ríos, sobre todo en su desembocadura.
- Las playas.

Y cualquier otro lugar donde los materiales no puedan ser transportados por los agentes geológicos externos.

Comprueba que lo has entendido



- ¿Cómo debería terminar esta frase? "Los materiales meteorizados ..."
 - Se quedan siempre en el mismo sitio donde han sufrido la meteorización.
 - Solo son transportados si hay presentes agentes como el viento o el agua y poseen energía suficiente.
 - Son transportados siempre a lugares remotos por los agentes de transporte.
- ¿Qué formas de transporte faltan en la siguiente lista? Arrastre, rodadura, saltación, ...
 - Sedimentación y meteorización.
 - Suspensión y sedimentación.
 - Disolución y suspensión.
- Si vemos clastos de tamaño mediano, con los bordes muy redondeados, podremos deducir que la distancia que han sido:
 - Inexistente
 - Probablemente corta
 - Probablemente larga
- Marca si la siguiente frase será verdadera o falsa: "Todos los materiales erosionados, más temprano o más tarde, terminarán por convertirse en sedimentos en algún lugar".
 - Verdadero
 - Falso



Los agentes geológicos externos y el relieve

¡Qué ajetreo! Estarán pensando nuestros visitantes al ver la incesante actividad de la superficie terrestre ¿Es que la acción de los agentes externos no para nunca?

Pues no, no para. Y no solo eso, además, **todos los procesos geológicos externos ocurren simultáneamente**: Una roca puede ser meteorizada y erosionada mientras está siendo transportada, e incluso una vez que ha sido depositada en forma de sedimento.

Todo este ajetreo, **esta acción lenta, pero continua, de los agentes externos va modelando el relieve** y "esculpiendo" el paisaje. Pero, ¿a qué se debe la variedad del paisaje? ...

Pues fundamentalmente a que no todos los agentes actúan de la misma forma ni con la misma intensidad. Varios factores condicionan la influencia de los agentes geológicos externos en el modelado del relieve:

El clima, que hace que predomine uno u otro agente:



En climas áridos domina claramente la acción del viento



En climas polares y de alta montaña, es el hielo el agente dominante



En climas templados, las corrientes de agua son los factores más importantes

El tipo de rocas (**la litología**), puesto que no todas las rocas son igual de resistentes a la erosión, ni se erosionan de la misma forma.



Un mismo agente, por ejemplo el viento, en un mismo tipo de clima, produce efectos distintos sobre granitos que sobre areniscas.

Por cierto...

Comprueba que lo has entendido

9. ¿Cuál de las dos fotografías anteriores corresponderá a granitos? (Recuerda que los granitos son mucho más duros que las areniscas)
- La de la derecha
 - La de la izquierda



La forma en la que las rocas están dispuestas (**la estructura**), favorece la formación de un paisaje u otro, aún sobre el mismo tipo de rocas y en el mismo clima.

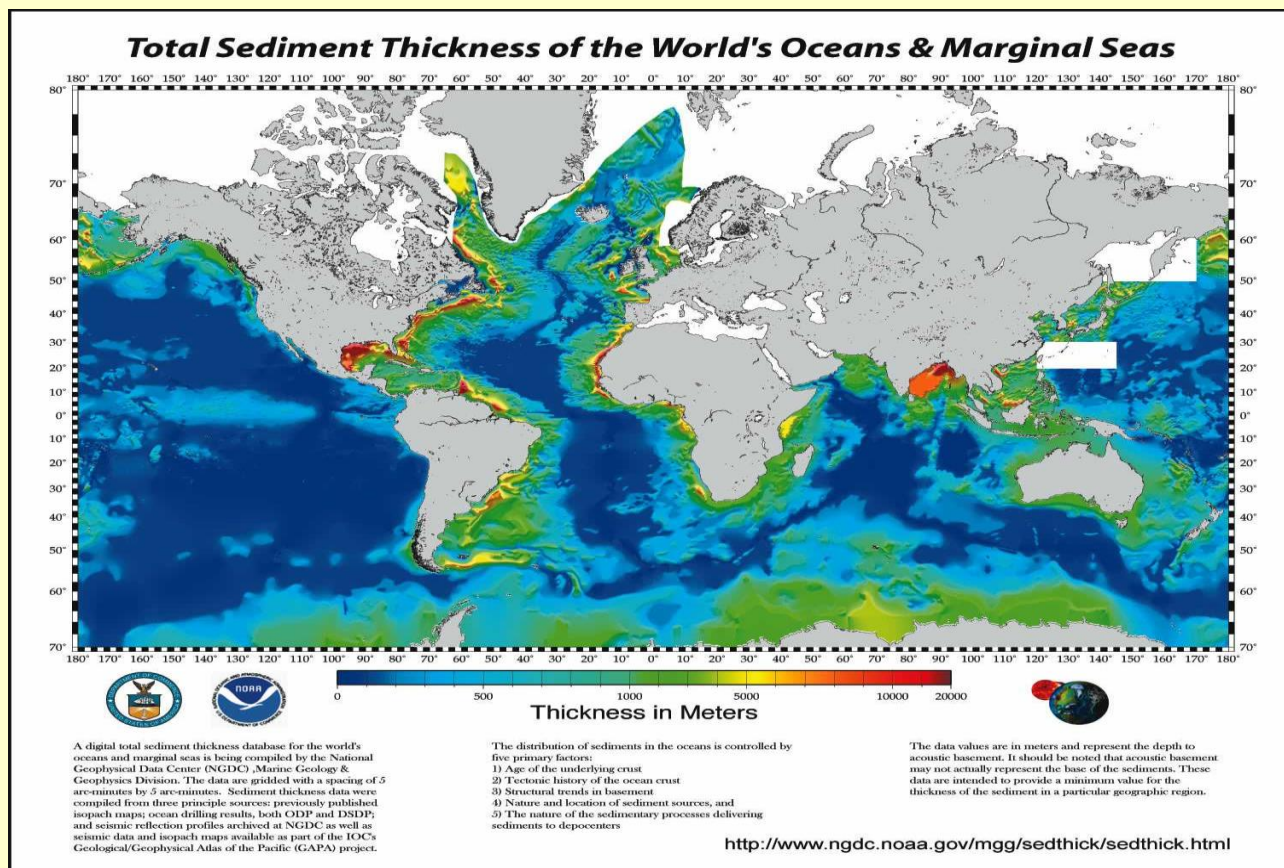
Una costa alta favorecerá la presencia de acantilados, donde la erosión marina es dominante. En cambio, una costa baja favorecerá la formación de playas, un paisaje en el que el proceso más importante es la sedimentación.

¿Qué pasa con los sedimentos?

La **cantidad de sedimentos** que llegan a acumularse en algunas zonas, sobre todo en el fondo del mar, donde llegan arrastrados por los ríos, es **enorme**.

¿A dónde van los sedimentos?

Se estima que el Ganges vierte 3.000 millones de toneladas anuales de sedimentos, el Río Amarillo 1.100 millones, el Amazonas 900 millones, el Yangtzé 500 millones, y así sucesivamente.





Los sedimentos se van acumulando en **capas horizontales y diferenciadas**, que se llaman **estratos**. Los estratos más modernos se depositan sobre los depositados antes, más antiguos.

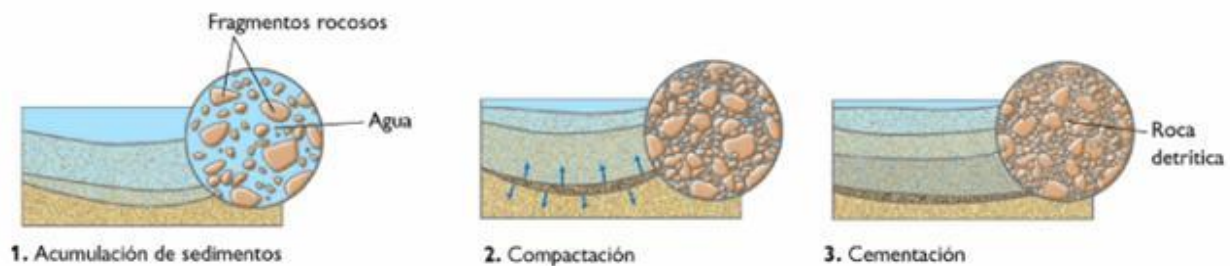
La acumulación de sedimentos alcanza, en muchos lugares de la Tierra, espesores de varios kilómetros, como has podido ver en el mapamundi anterior.

A medida que se acumulan sedimentos, su propio peso hace que la **presión** sobre los estratos más bajos vaya **aumentando**.

Con este aumento de presión comienzan unos procesos, que...

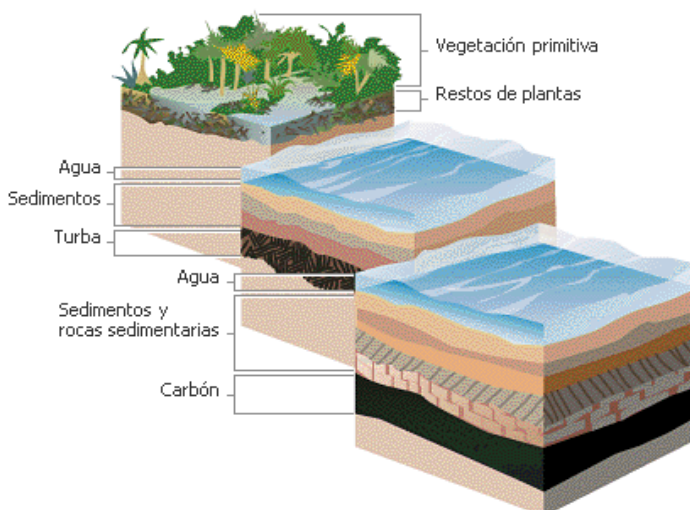
¡¡Transforman los sedimentos (materiales blandos y "suelos") en rocas!!

- Primero, los clastos que forman el sedimento se comprimen y los huecos que hay entre ellos se hacen más pequeños (**compactación**)
- Al mismo tiempo, el agua que hay en los huecos que quedan entre los clastos es expulsada (**deshidratación**)
- Por último, los huecos que aún queden se rellenan con minerales que estaban disueltos en el agua (**cementación**). Este proceso da, por fin, consistencia de roca a los sedimentos.
- Las rocas así formadas se llaman **rocas sedimentarias detríticas**.



¡Qué casualidad! Son las mismas que identificó Iccanobif en su clasificación de rocas. Claro que él no las llamó sedimentarias porque aún no sabía cómo se habían formado.

Este descubrimiento lo ha animado a seguir investigando y ha descubierto muchas cosas más sobre las rocas sedimentarias (y muy interesantes).



Si algún estrato de sedimento contiene **gran cantidad de restos vegetales**, las rocas que se forman a partir de él son las que él llamó **rocas orgánicas (los carbones)** y que resulta que **también son sedimentarias**. Pula sobre la imagen para ampliarla.

Otras veces, algún estrato está formado por la acumulación de restos de conchas, esqueletos o caparazones de animales marinos, y se convierten en **calizas orgánicas** (como las lumaquelas ¿recuerdas la pinta que tenían?)

Por último, descubrió que, a veces las rocas sedimentarias se forman "como por arte de magia". Te lo explicará con un ejemplo:

Magia entre la sal y el agua.



Pon un poco de agua en un vaso, añade una cucharada de sal y disuélvela (calienta el agua si es necesario) Parecerá como si la sal hubiese desaparecido. Ahora solo tienes que dejar que el agua del vaso se vaya evaporando y, con paciencia, al cabo de cierto tiempo habrá desaparecido el agua, pero.... habrá vuelto a aparecer la sal.

Los químicos dirían que la sal ha **precipitado**. Exactamente lo mismo es lo que sucede en las salinas, donde se "fabrican" de ese modo toneladas de sal, que no es sino una roca formada por un solo tipo de mineral (halita)

Imagínate ahora ese proceso a gran escala. En el mar y en algunos lagos hay disueltas enormes cantidades de muchas clases de minerales. ¿Qué sucederá si el agua se evapora?

Pues así es como se forman un tipo muy abundante de rocas sedimentarias, las **rocas sedimentarias de precipitación química**.

Los fósiles

Por cierto, **¿has visto alguna vez un fósil?** Seguro que sí, en vivo y en directo o, por lo menos en revistas, libros o en la tele. **Los fósiles aparecen normalmente en rocas sedimentarias**. ¿Por qué? Nuestros investigadores lo han descubierto:



Junto con los sedimentos, también se depositan restos de plantas y cadáveres de animales.

Estos restos, protegidos por los sedimentos, no se descomponen como si estuvieran al aire libre. En lugar de eso, se mineralizan (normalmente sólo las partes duras) y se convierten en roca. Eso es lo que llamamos fósil.

Puedes ver una animación del "**proceso de fosilización**" en los recursos del tema.

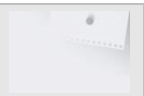
Para saber más...



Para aprender algo más sobre cómo se llega de los restos de un ser vivo a un fósil, puedes consultar las webs que encontrarás en el apartado de recursos con el nombre:

- **La fosilización**
- **Procesos químicos de la fosilización**

Comprueba que lo has entendido



10. La mayoría de los sedimentos se depositan formando...
 - a. Bancales
 - b. Cordilleras
 - c. Estratos
11. ¿Qué dice el principio de superposición de los estratos?
 - a. Los estratos están unos encima de otros
 - b. Los estratos más antiguos están debajo de los más recientes.
 - c. No existe tal principio de superposición de los estratos.

12. ¿Por qué se transforman los sedimentos en rocas sedimentarias?
- Fundamentalmente por la acción de los seres vivos submarinos.
 - El aumento de temperatura en el fondo del mar transforma los minerales del sedimento en minerales de la roca sedimentaria.
 - El aumento de la presión sobre los estratos más antiguos debido al peso de los estratos que tienen encima.
13. ¿Qué proceso es el que da a los sedimentos la consistencia dura de una roca?
- Compactación
 - Desecación
 - Cementación
14. Señala cuál de las siguientes rocas no es una roca sedimentaria
- Rocas detríticas
 - Rocas volcánicas
 - Rocas orgánicas

Algo se mueve en el interior del planeta

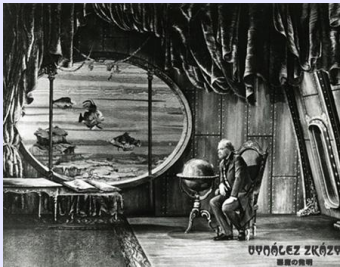


Hay que ver que montón de cosas han descubierto nuestros visitantes en su paseo por el tiempo. Pero, como buenos científicos, cada descubrimiento les plantea nuevas dudas, nuevas preguntas que responder.

Hemos descubierto cómo se forman las rocas sedimentarias, pero ¿y las demás rocas? En la superficie del planeta no hemos visto ni rastro de cómo ni donde se han formado. ¿Quizá siempre estuvieron ahí? ¿De dónde salen las fumarolas?

En fin, la curiosidad del científico no tiene límites y, disponiendo de una superperforadora ¿por qué no adentrarse en lo más profundo del planeta? Quizá allí se encuentren las respuestas a estas preguntas.

Así que, emulando a Julio Verne, nuestros intrépidos visitantes se disponen a realizar su... Viaje al Centro de la Tierra



Para saber más... sobre Julio Verne



¿Qué no sabes quién es Julio Verne? Dentro de los términos del glosario del tema tienes uno que te explicará quién fue y te llevará a otras páginas para conocer mejor a este escritor.

¿Cómo es la Tierra por dentro?



Antes de internarse en las profundidades de la Tierra, y previendo que quizá sea algo bastante peligroso, nuestros visitantes se han documentado. Han buscado la información que los propios terrícolas poseen sobre el interior de su planeta y han podido sacar en claro un par de cosas.



A medida que se profundiza van aumentando espectacularmente tanto la temperatura como la presión.

Los científicos estiman que en el centro de la Tierra la temperatura podría superar los 5000 °C y la presión los tres millones de atmósferas.



Los **materiales** que forman el interior de la Tierra están **dispuestos en capas** (como si fuera una cebolla) **que se diferencian** entre sí por:

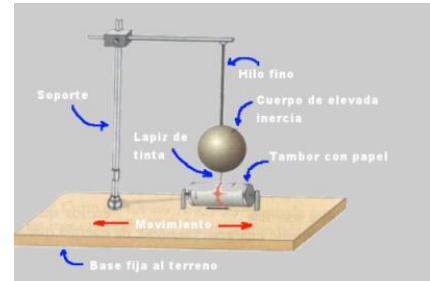
- Su **composición química** (en cada una abunda más un tipo de sustancias químicas)
- Sus **propiedades elásticas** (unas son rígidas, otras menos rígidas y otras plásticas)

Nuestros visitantes se preguntan cómo pueden los geólogos terrícolas obtener información sobre el interior del planeta si no disponen, como ellos, de una superperforadora.

¿Sabes tú cómo lo hacen? Consulta el recurso “**Así se estudia el interior de la Tierra**” que encontrarás en el apartado de páginas webs del tema y lo aprenderás.

También puedes poner la dirección en tu navegador:

<http://actespa.wordpress.com/2009/01/21/asi-se-estudia-el-interior-de-la-tierra/>

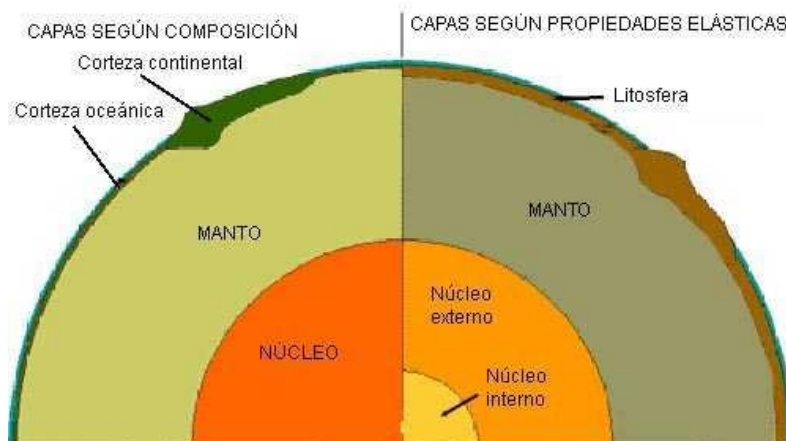


Comprueba que lo has entendido

15. ¿Qué tipo de métodos son los que proporcionan a los geólogos información sobre lo más profundo de nuestro planeta?
 - a. Los métodos directos
 - b. Los métodos indirectos
16. ¿En qué propiedades se fijan los geólogos para diferenciar entre sí las capas que forman el interior de la Tierra?
 - a. En su espesor y su profundidad.
 - b. En su composición química y sus propiedades elásticas.
 - c. En su composición química y su espesor.
 - d. En sus propiedades elásticas y su profundidad.

En su particular viaje al centro de la Tierra nuestros investigadores han comprobado que los métodos que usan los geólogos parecen funcionar bien.

En efecto, los materiales se disponen en capas. Este es el diagrama que van a mandar a su planeta como parte de su investigación.



A continuación tienes resumidas las principales características de cada una de las capas:

**ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS
 (MODELO ESTÁTICO DE LA ESTRUCTURA TERRESTRE)**

CAPAS		EXTENSIÓN APROXIMADA	COMPOSICIÓN PREDOMINANTE	DENSIDAD MEDIA (g/cm ³)
CORTEZA	CONTINENTAL	Desde la superficie hasta unos 15 - 70 km de profundidad.	Similar al granito	2,7 - 3 (la oceánica es más densa que la continental)
	OCEÁNICA	Desde el fondo del océano hasta unos 5 - 15 km de profundidad.	Similar al basalto	
MANTO		Bajo la corteza, hasta unos 2900 km de profundidad.	Similar a la peridotita	3,3 - 5,6
NÚCLEO		Bajo el manto, hasta el centro del planeta (6371 km de profundidad)	Hierro	10 - 13

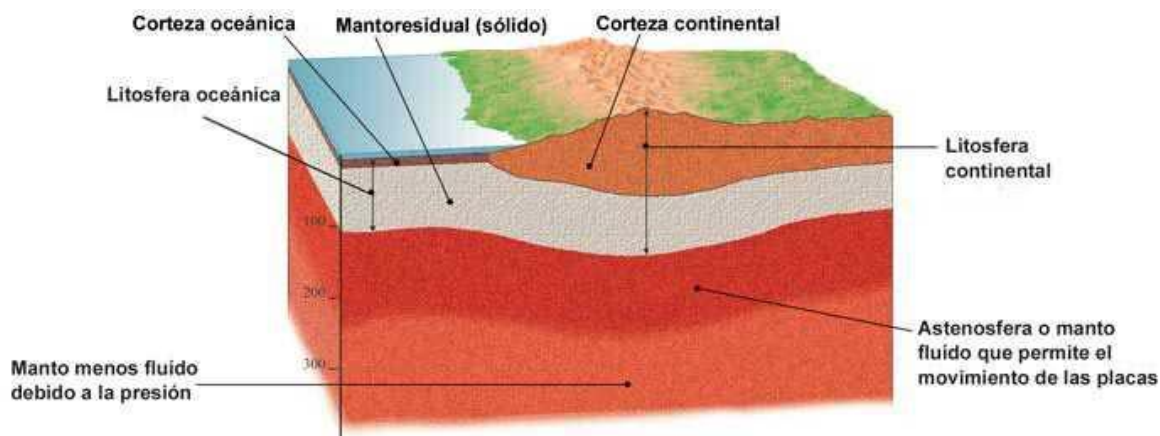
Si nos fijamos en las propiedades elásticas de los materiales que la forman, la estructura interna de la Tierra es algo diferente:

- En la superficie nos encontramos **una capa sólida y más o menos rígida, la litosfera**.

Está formada por **la corteza y un poco de la zona superior del manto** (que algunos llaman manto residual). No es "de una pieza" sino que está formada por grandes trozos, a modo de un puzle, que se llaman **placas tectónicas**.

Su espesor oscila entre los 100 km y los 200 km, pero **bajo los océanos es mucho más delgada y bajo los continentes mucho más gruesa**.

- El resto del manto** está formado por **materiales sólidos, pero no rígidos** (como la plastilina o el barro). La rigidez no es la misma en todo el manto; hay zonas con materiales menos rígidos, incluso fundidos.



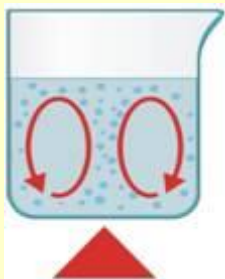
- Un **núcleo externo**, en estado **líquido** debido a la enorme temperatura a la que se encuentra. Se extiende desde los 2900 km de profundidad hasta los 5100 km.
- Un **núcleo interno**, en estado **sólido**, pues a pesar de estar a más temperatura, la enorme presión a la que están sometidos sus materiales hace que no puedan fundir.

Comprueba que lo has entendido

17. ¿Cuál es la capa rígida de la Tierra?
- El manto
 - El núcleo externo
 - Litosfera
18. ¿Dónde son más abundantes los materiales similares al granito?
- En el núcleo externo.
 - En el manto.
 - En la corteza oceánica
 - En la corteza continental
19. ¿Por qué el núcleo interno no está fundido si está a una temperatura tan alta?
- Porque si fuera líquido no podría soportar el peso del núcleo externo.
 - Porque la enorme presión a la que están sometidos sus materiales impide que puedan fundir.
 - Porque en el interior de la Tierra no hay líquidos, ya que sólo se encuentran en la superficie.
 - Por ninguna razón, ya que el núcleo interno sí es líquido.

Y todo eso... ¿se mueve?

¿Recuerdas el bloque de la energía?



En él estudiaste que el calor puede propagarse de varias formas: por conducción, por radiación y por convección. Esta última forma es la que ahora nos interesa recordar.

La **convección** funciona más o menos así:

Cuando un fluido (líquido o gas) se calienta, disminuye su densidad y asciende. A medida que asciende se va enfriando y haciendo más denso, por lo que acaba por descender. Si por abajo se vuelve a calentar, el ciclo se repite de nuevo.

Relájate mirando la simulación de la convección que encontrarás en un vídeo que puedes ver en esta dirección <http://actespa.wordpress.com/2008/02/06/corrientes-de-conveccion/> o en el apartado de recursos del tema: "**Movimiento de convección del humo**"

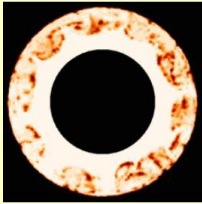
Pues **exactamente eso es lo que pasa en el interior de la Tierra**, pues posee todos los "ingredientes" necesarios:

- Tiene una **enorme fuente de calor**: el **núcleo**, con temperaturas de varios miles de grados y parte del cual (el núcleo externo) es una enorme masa líquida.
- Y sobre el núcleo, un **manto** formado por **materiales plásticos**.

Bueno, el caso de la Tierra es algo más complicado que el que aparece en el dibujito de arriba, porque los materiales del manto, así, en general, no son fluidos. Pero con que sean plásticos ya es suficiente.



El comportamiento plástico del **manto** permite que en él se formen **corrientes de convección**, que propagan hacia la litosfera el calor procedente del núcleo.



Las corrientes de convección del manto...

¿Quieres verlas? En el apartado de recursos del tema puedes ver una simulación por ordenador de cómo se cree que son esas corrientes de convección. El círculo negro del centro representa el núcleo. Los colores más oscuros representan materiales más fríos.

Las corrientes de convección del manto son **extremadamente lentas** (como casi todo en Geología) si las comparamos con nuestra forma normal de percibir el tiempo.

Los geólogos han calculado que su velocidad debe ser de unos 5 cm al año. Así, **pueden pasar decenas de millones de años** para que una corriente ascendente que partió de las profundidades del manto, alcance la litosfera.

Si no te lo has preguntado antes, ahora es buen momento para hacerlo:
¿De dónde sale el calor que el núcleo va liberando poco a poco?

Pues es una buena pregunta con una solución difícil. Se cree que tiene varios orígenes:

- La mayoría es **calor residual que aún se conserva** de las primeras etapas de formación del planeta.
- Otra parte proviene de la continua desintegración de los átomos radiactivos. (Busca este término en el glosario del tema)
- Quizá una pequeña parte tenga su origen en el **rozamiento** de los materiales al moverse.



Como ves, la Tierra se comporta como una **gigantesca máquina térmica** en la que el núcleo cede calor que, a través del manto, llega a la litosfera:

- Como energía cinética de las corrientes de convección del manto.
- Como energía calorífica, pues las corrientes del manto están más calientes que la corteza.

Estas continuas transferencias de materia y energía en el interior del planeta, son "el motor" de los **agentes geológicos internos: la presión y la temperatura**.

Comprueba que lo has entendido

20. ¿Cuáles son los agentes geológicos internos?

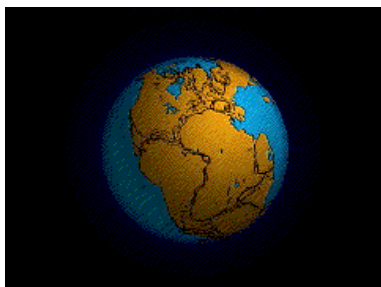
- Presión y erosión.
- Erosión y transporte
- Erosión y sedimentación profunda.
- Presión y temperatura

21. ¿De dónde procede la mayor parte de la energía calorífica que tiene el núcleo terrestre?

- De la desintegración de elementos radiactivos.
- Del rozamiento entre el núcleo externo y el interno.
- Es calor residual que aún se conserva de cuando se formó el planeta.
- De las corrientes de convección del manto.

22. ¿Cuál es el principal mecanismo de transmisión del calor en el interior de la Tierra?

- La conducción.
- La radiación.
- La convección.
- La expansión.



Y tanto movimiento ¿qué efectos tiene?

Los agentes geológicos internos (presión, temperatura y el movimiento interno de la Tierra) son los responsables de lo que los geólogos llaman **procesos geológicos internos**:

El movimiento de las placas tectónicas que, a su vez, es responsable de:

- La **deriva continental**.
- La **expansión del fondo oceánico**.
- La **creación y destrucción de corteza oceánica**.
- La **formación de cordilleras y fosas marinas**.
- La formación de **volcanes**.
- La existencia de **terremotos**.
- La **deformación de los materiales** de la corteza.
- La **formación de rocas**.



Comprueba que lo has entendido

23. ¿Señala cuáles de los siguientes procesos geológicos no son internos:

- El vulcanismo.
- La sedimentación.
- La deriva continental.
- Los terremotos.
- La meteorización.
- La destrucción de corteza oceánica.

El pueblo de los Afars



Más adelante conocerás al pueblo de los Afars; ellos te contarán cosas sobre los volcanes, los terremotos y el movimiento de las placas.

Ahora nos vamos a centrar en los dos últimos procesos geológicos citados: la deformación de los materiales de la corteza y la formación de rocas. Sobre todo en éste último, porque desde que descubrió cómo se formaban las rocas sedimentarias, Iccanobif está "mosca" y quiere saber cómo se forman las demás. Está a punto de descubrirlo...

En la corteza de Lednem todo se dobla o se rompe

Así es. **Las rocas de la corteza** de Lednem están "muy estresadas", vamos, que **están sometidas** a grandes tensiones, a lo que los geólogos llaman **esfuerzos**: son estiradas y comprimidas por la multitud de movimientos que acompañan a la actividad interna.

El **comportamiento de las rocas** ante los esfuerzos puede ser de dos tipos:

<p>La roca se deforma, se dobla (comportamiento plástico). Cuando esto sucede aparecen unas estructuras muy llamativas que los geólogos llaman pliegues.</p>	<p>La roca se rompe, se fractura (comportamiento frágil). Cuando esto sucede puede pasar que...</p>	
	<p>Solo aparezca una "grieta" más o menos grande en la roca, sin movimiento de un trozo de roca respecto del otro. A estas fracturas se las llama diaclasas.</p> 	<p>Además de producirse la "grieta", un trozo de roca se desplace respecto del otro. Este tipo de fracturas con desplazamiento son lo que los geólogos llaman fallas.</p> 

En los recursos del tema encontrarás una animación en la que se ilustra cómo se forma una falla o un pliegue según como sea el comportamiento de las rocas frente a un esfuerzo, sería bueno que la vieras: "**Deformaciones de la corteza**".

Que una roca se comporte de una u otra forma dependerá de muchas cosas:

- El tipo de roca.
- Las condiciones de presión y temperatura de la roca.
- La intensidad del esfuerzo y el tiempo que dure

Comprueba que lo has entendido

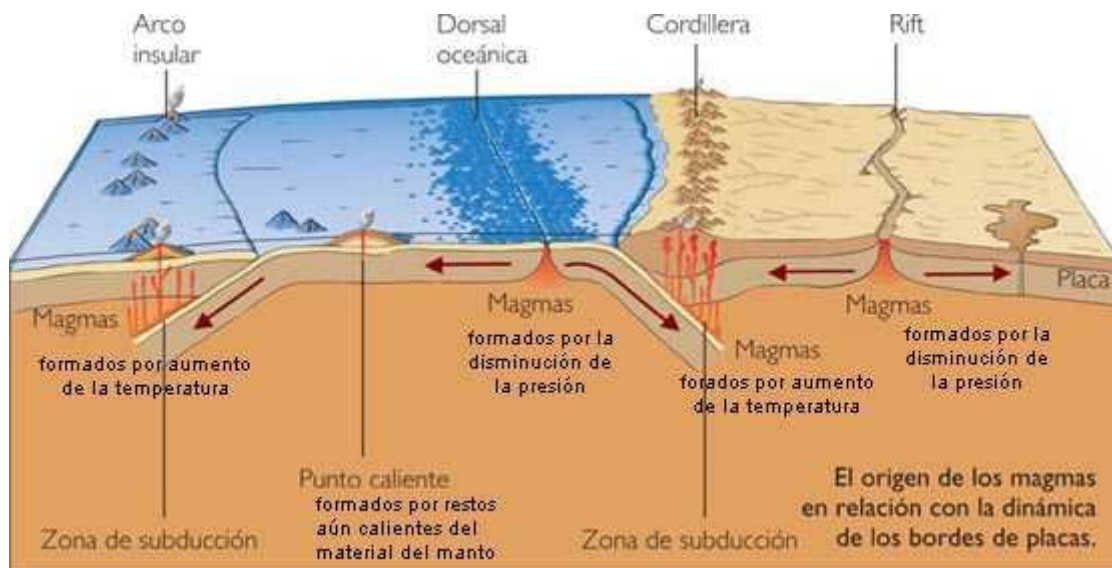
24. Lee el siguiente párrafo con atención y rellena los huecos en blanco con alguna de las siguientes palabras: corteza, deformaciones, desplazamiento, diaclasa, esfuerzos, falla, fractura, frágil, pliegue, plástico
- Cuando las rocas de la _____ se ven sometidas a determinados _____, pueden sufrir _____. Si las rocas se comportan de modo _____, se formará un _____. Pero si el comportamiento de las rocas es _____, tendrá lugar una _____, en cuyo caso puede además haber _____ entre las partes y tratarse de una _____ o no haberlo y estaríamos hablando de una _____.

¿Qué tendrá que ver todo esto con la formación de rocas?

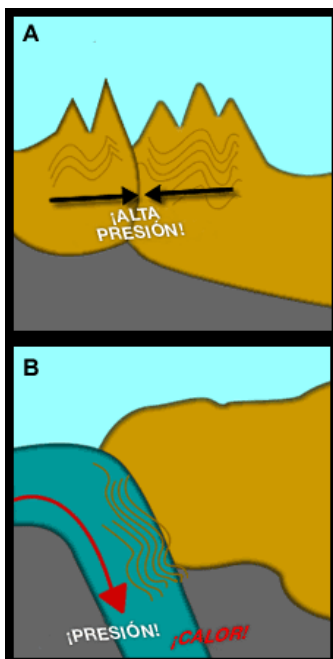
Por sus conocimientos de Física (que es la misma en todo el Universo), Iccanobif sabe que **si aumenta lo suficiente la temperatura o disminuye lo suficiente la presión, un sólido puede fundir**, convertirse en líquido.

Ha descubierto que **en determinadas zonas de lo más profundo de la corteza y de la parte superior del manto se dan las condiciones necesarias para que las rocas fundan**.

En esas zonas ha observado la presencia de "**gigantescas gotas**" formadas por una mezcla de **minerales fundidos y gases**. Los geólogos terrestres llaman a esta mezcla **magma**. Pulsa en la ilustración para ver dónde y cómo se forman los magmas.



Los magmas terminan por **enfriarse lo suficiente para solidificar**. Entonces se forman nuevas rocas, a las que los geólogos llaman **rocas magmáticas** o **rocas ígneas** (del latín *igneus*, que significa *ardiente*).



Según cómo sea el enfriamiento se forman dos tipos de rocas ígneas:

- Si el magma se enfría sin salir a la superficie, solidifica lentamente. Los cristales de los minerales tienen tiempo de crecer y se forman rocas con aspecto granudo.

¡Las rocas **plutónicas**!

- Si encuentra una grieta por donde salir, el magma solidifica en la superficie. Se enfría rápidamente los minerales apenas tienen tiempo de cristalizar. Se forman rocas donde casi no se aprecian cristales.

¡Las rocas **volcánicas**!

Entusiasmado por sus descubrimientos, Iccanobif decide seguir investigando. Aún le quedan algunas rocas cuyo origen no tiene claro.

Observó que en algunas zonas de la corteza las rocas (sólidas) están sometidas a temperaturas elevadas (cerca de un magma, por ejemplo, pero sin llegar a fundirse) o a grandes presiones (zonas de rozamiento entre placas, grandes profundidades) o a ambas cosas a la vez.



Decidió reproducir en el laboratorio de su nave esas condiciones sobre algunas rocas y observó que sufrían transformaciones:

- Los cristales se volvían más brillantes.
- Algunas adquirían un aspecto más compacto.
(Como aquellas a las que llamó **rocas no foliadas**).
- Otras, sin embargo, adquirían un aspecto quebradizo, laminado.
(Como las que él llamó **foliadas**).

¿Quieres ver cómo afectan las grandes presiones al aspecto de las rocas? En los recursos del tema tienes una animación sobre el metamorfismo, es la que hizo Iccanobif a partir de sus experimentos... Se llama así, "**Metamorfismo**".



Dedujo que:

Las rocas que, sin fundirse, se someten a temperaturas y/o presiones elevadas, se convierten en otras rocas. A estas nuevas rocas los geólogos las llaman, **rocas metamórficas**.

¡Por fin! Iccanobif ha conseguido desvelar el secreto del origen de las rocas de Lednem. Ha sido una investigación muy laboriosa y está tan orgulloso que ha preparado una presentación para enviarla, como resumen, a su planeta. En los recursos del tema puedes verla: "**El ciclo de las rocas de Lednem**".



Comprueba que lo has entendido



25. ¿Qué es un magma?
 - a. Un tipo de roca ígnea formada en las zonas más bajas de la corteza.
 - b. Una mezcla de gases y minerales fundidos.
 - c. El material que forma la parte superior del manto.
26. ¿Qué tipo de rocas se forman a partir de un magma?
 - a. Rocas metamórficas.
 - b. Rocas sedimentarias
 - c. Rocas ígneas
27. ¿Cuál de los siguientes tipos de rocas no se considera una roca ígnea?
 - a. Las rocas detríticas
 - b. Las rocas plutónicas.
 - c. Las rocas volcánicas.
28. ¿Qué rocas ígneas se forman en la superficie terrestre?
 - a. Las rocas metamórficas.
 - b. Las rocas plutónicas.
 - c. Las rocas volcánicas.
29. ¿Qué agentes son los responsables de la formación de las rocas metamórficas?
 - a. La erosión, el transporte y la sedimentación.
 - b. La atmósfera, el viento, el agua y los seres vivos.
 - c. La presión y la temperatura en algunas zonas del interior de la corteza.
30. A medida que aumenta la presión, en las rocas se pueden dar tres grados de laminación. ¿En qué orden se producen?
 - a. Bandeado, esquistosidad y pizarrosidad.
 - b. Pizarrosidad, esquistosidad y bandeo.
 - c. Pizarrosidad, bandeo y esquistosidad

31. ¿A partir de qué tipo de materiales se forman las rocas metamórficas?
- A partir de otras rocas, ya sean sedimentarias, ígneas o metamórficas.
 - A partir de rocas sedimentarias e ígneas.
 - A partir de magmas formados por restos de rocas sedimentarias que han fundido.

Un planeta muy, pero que muy viejo

Iccanobif, junto con sus colegas Nietsnie y Niwrad, están a punto de terminar su investigación sobre la Geología de Lednem.



Pero solo "a punto", porque aún tienen una pregunta en el aire... ¿Lednem fue siempre así? ¿Ha existido siempre? Y, si no es así, ¿cuándo y cómo se formó?

Tendrán que exprimir al máximo su máquina del tiempo, porque van a tener que viajar muy, muy atrás en el tiempo para responder a estas preguntas.

¿Las rocas tienen edad?



Las rocas más antiguas de la Tierra son unos encontrados cerca del río Acasta, en el noroeste de Canadá, que tienen aproximadamente **ii4.030 millones de años!!** Les sigue en antigüedad unos encontrados en Isua, al oeste de Groenlandia, algo más jóvenes, tan solo con **ii3.800 millones de años!!**

Como en este apartado vamos a emplear mucho la unidad "millones de años", la escribiremos empleando un símbolo: Ma. ¿Vale? Pues de acuerdo entonces.

La edad de esas rocas nos dice que hace más de 3.800 Ma ya debió existir en la superficie de la Tierra un océano donde se pudieran depositar sedimentos, y hace más de 4,030 Ma había rocas que pudieran luego ser metamorizadas.

¿Cómo pueden saber los científicos la edad de las rocas?

Pues fundamentalmente empleando **métodos de datación radiométricos**. En la imagen vemos parte de un laboratorio de radiomedición.

Estos métodos comparan la cantidad de ciertos elementos radiactivos presente en la roca, con la cantidad de los elementos estables en los que se van convirtiendo a medida que se desintegran. Cómo **se sabe con exactitud el ritmo al que se desintegran**, comparando ambas cantidades se puede averiguar cuánto tiempo llevan desintegrándose. (Así dicho parece fácil, pero... no lo es tanto)

En la historia de la Ciencia ha habido muchas teorías sobre cómo y cuando se formó la Tierra. La que actualmente se acepta como la más fundamentada sugiere que:



La Tierra se formó, junto con todo el Sistema Solar, hace unos 4.500 Ma.

En los recursos del tema tienes un video que cuenta, de manera sencilla, cómo se cree que se formó la Tierra y, en ella, los océanos: "**De la nada a los océanos**"

Desde entonces, han pasado muchas cosas en la Tierra:

- Aparecieron los continentes (las tierras emergidas).
- Empezó actividad tectónica y todos los procesos asociados a ella.

Y lo más importante, porque hace de la Tierra un planeta único (que sepamos)

- **La aparición de los seres vivos.**

Del estudio de las rocas y de los fósiles encontrados en ellas, los científicos obtienen pistas que les permiten reconstruir (con más o menos aproximación) la historia de nuestro planeta.



Las rocas y los fósiles son los "libros", los "archivos" donde están "codificados" todos los acontecimientos que han sucedido en la Tierra a lo largo de su historia.

...Tan solo hay que saber decodificar la información que poseen.

Al "decodificar" la información contenida en las rocas y los fósiles, los científicos han ido encontrado algunos **hechos especialmente importantes en la historia de la Tierra**, hechos ligados la mayoría de las veces a **la historia de los seres vivos**.

Utilizan estos hechos para dividir la historia de la Tierra en varios "tramos": **Eones, Eras, Periodos y Épocas**. Así es como se mide lo que llaman **el tiempo geológico**.



Es lo que hacemos con el "tiempo normal". Utilizamos determinados hechos, como por ejemplo los periodos de rotación y traslación de la Tierra, para dividir el tiempo en periodos, a los que llamamos días y años respectivamente.

En el "tiempo normal" utilizamos muchas más divisiones, y unas se componen de otras: los años se componen de meses, los meses de semanas, las semanas de días, etc.

Algo parecido sucede en el tiempo geológico: **los eones se componen de eras, las eras de periodos y los periodos de épocas**.

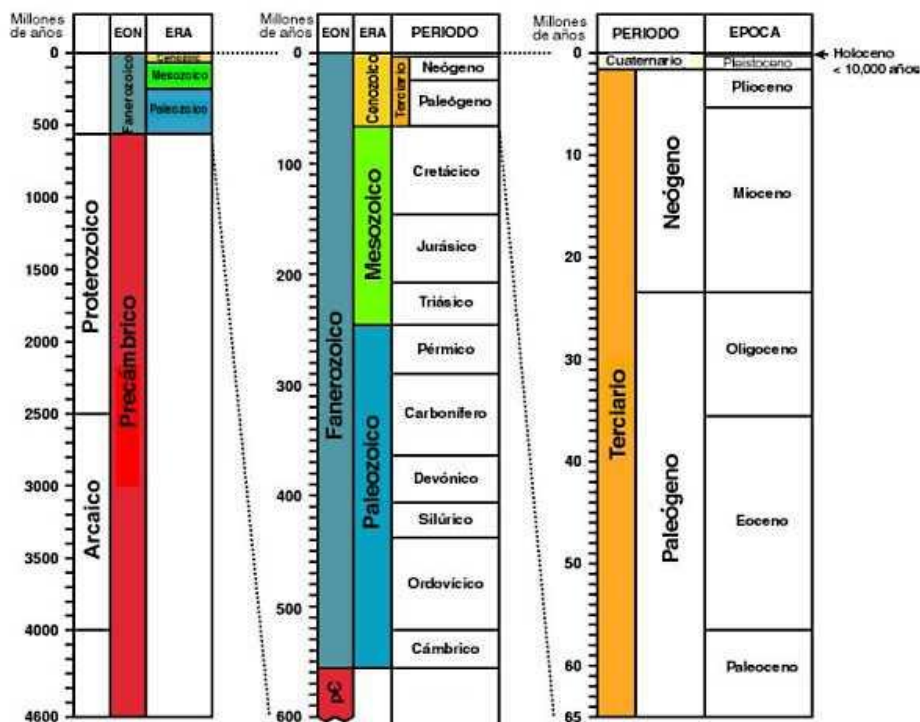
En el "tiempo normal" todas las divisiones de un mismo nivel tienen la misma duración, o una duración muy parecida. Es decir, un día es un día, y todos los días duran lo mismo; todas las semanas duran lo mismo; todos los meses duran casi lo mismo y todos los años duran casi lo mismo.

A diferencia de lo que sucede en el "tiempo normal", **en el tiempo geológico no todas las divisiones del mismo nivel son igual de grandes**: hay unas eras más largas que otras y, dentro de cada era, algunos periodos más largos que otros, incluso dentro de cada periodo algunas épocas más largas que otras.

Todo esto lo puedes apreciar mejor si observas con detenimiento la escala de la imagen.

En los recursos del tema encontrarás una animación en la que se hace un recorrido por las distintas etapas de la historia de la Tierra, junto con una breve descripción de las características más destacadas de cada una:

"La historia de la Tierra"



En este apartado has visto que la Tierra es muy antigua. Sus primeras rocas se formaron hace miles de millones de años. Así dicho, es cierto que parece mucho tiempo. Pero estamos tan poco acostumbrados a pensar en escalas de tiempo tan grandes, que realmente es difícil hacerse una idea de lo enooooooooormes que son.

Tal vez si consultas otro recurso del tema: “La historia de la Tierra en un día”, será más fácil comprender de verdad esto que acabas de leer:

Para saber más... del tiempo geológico



El artículo de la wikipedia sobre Geología Histórica contiene mucha información sobre todo lo que acabas de ver en este apartado. Fíjate, sobre todo en la tabla que compara el tiempo geológico con la altura del edificio de la ONU en Nueva York. Entra en la wikipedia: <http://es.wikipedia.org> y busca Geología histórica.

También puedes acceder a esa página desde el apartado de recursos web del tema.

Comprueba que lo has entendido

32. ¿Qué edad aproximada tienen las rocas más antiguas encontradas en la Tierra?
 - a. No se sabe. Es imposible saber la edad de una roca.
 - b. Entre 3500 y 4100 millones de años.
 - c. Más de 4500 millones de años.
 - d. Menos de 180 millones de años.
33. ¿Cuáles son los métodos más usados para la datación de rocas?
 - a. Los basados en la abundancia de fósiles.
 - b. Los basados en la velocidad de desintegración de algunos elementos radiactivos.
 - c. Los basados en el estudio de los meteoritos.
 - d. Los basados en la disposición de las rocas sobre la corteza.
34. ¿Cuál de los siguientes acontecimientos sucedió antes en la historia de la Tierra?
 - a. La formación de los continentes.
 - b. La formación de un enorme océano.
 - c. La aparición de los organismos unicelulares.
 - d. La formación de una atmósfera.
35. En el "tiempo normal", en el que estamos acostumbrados a usar, los años se componen de meses, los meses de semanas, etc. Podríamos ordenar estos tramos de mayor a menor así: años, meses, días. ¿Cómo se ordenan de mayor a menor las divisiones que se hacen en la historia de la Tierra?
 - a. Épocas, periodos, eras, eones.
 - b. Eones, eras, periodos, épocas.
 - c. Eones, épocas, periodos, eras.
 - d. Eones, épocas, eras, periodos.
36. ¿Qué era del fanerozoico es la más larga?
 - a. El paleozoico.
 - b. El mesozoico.
 - c. El cenozoico.
 - d. El terciario.
37. ¿En qué periodo tuvo lugar la gran extinción que acabó con los grandes dinosaurios?
 - a. En el pérmico.
 - b. En el oligoceno.
 - c. En el jurásico.
 - d. En el cretácico.

38. Comparando la historia de la Tierra con un día, ¿a qué hora fue cuando hizo más frío?
- Algo después de las cinco de la madrugada.
 - Alrededor de las cuatro y media de la tarde.
 - Sobre las nueve menos cuarto de la noche.
 - Un par de minutos antes de la medianoche.

Comprueba que lo has entendido (soluciones)

- La respuesta es la b. El relieve de la Tierra está en constante cambio debido tanto a los agentes internos como a los externos
- La respuesta correcta es la a. Los agentes producen los procesos, no al revés.
- La respuesta correcta es la b, en las otras faltan agentes.
- La respuesta correcta es la b. La meteorización se refiere sólo a procesos químicos y los agentes externos siguen actuando tras la erosión, pues siguen "atacando" a los productos de ésta.
- La respuesta correcta es la b. Los materiales procedentes de la erosión pueden ser transportados por los agentes externos si se dan las condiciones adecuadas (que éstos tengan energía para hacerlo). Ese transporte puede ser a lugares remotos o no, dependiendo de la energía de los agentes. Incluso puede que no sean transportados.
- La respuesta correcta es la c ya que ni la meteorización ni la sedimentación son formas de transporte.
- La respuesta correcta es la c. Un material redondeado ha tenido que ser transportado durante un trayecto largo en el que se ha ido desgastando.
- La respuesta es correcta, en algún momento se tendrán que depositar.
- La respuesta correcta es la b, la roca está menos desgastada.
- La respuesta correcta es la c, en estratos
- La respuesta correcta es la b, lo normal es que en la parte superior estén los más recientes.
- La respuesta correcta es la c. Es la presión debida al peso de los estratos acumulados la que produce los fenómenos que dan lugar a la transformación del sedimento de los estratos inferiores en rocas sedimentarias.
- La respuesta correcta es la c. La compactación elimina los huecos entre los clastos que forman el sedimento y la desecación elimina el agua acumulada en los poros que queden. Solo la compactación da consistencia de roca al sedimento compactado y desecado.
- La respuesta correcta es la b.
- La respuesta correcta es la b. Con los métodos directos solo podemos obtener información de la superficie de la Tierra y de los primeros kilómetros de su interior.
- La respuesta correcta es la b.
- La respuesta correcta es la c. En el manto los materiales son sólidos, pero no rígidos y el núcleo externo es líquido y, por tanto, no es nada rígido.
- La respuesta correcta es la d. En el núcleo son similares al hierro, en el manto, similares a la peridotita y en la corteza oceánica, similares al basalto.
- La respuesta correcta es la b.
- La respuesta correcta es la d, presión y temperatura.
- La respuesta correcta es la c. Aunque parte del calor proviene de las desintegraciones radiactivas, solo es un porcentaje pequeño en comparación con el calor que la Tierra aun conserva de cuando se formó.
- La respuesta correcta es la c, la convección.
- Los únicos que no se deben a procesos cuyo origen está en el interior del planeta son la sedimentación y la meteorización.
- Cuando las rocas de la **corteza** se ven sometidas a determinados **esfuerzos**, pueden sufrir **deformaciones**. Si las rocas se comportan de modo **plástico**, se formará un **pliegue**. Pero si el comportamiento de las rocas es **frágil**, tendrá lugar una **fractura**, en cuyo caso puede además haber **desplazamiento** entre las partes y tratarse de una **falla** o no haberlo y estaríamos hablando de una **diaclasa**.
- La respuesta correcta es la b, ya que las rocas ígneas se forman a partir del magma y además la parte superior del manto no está formada por magma, hay muchas cosas.

26. La respuesta correcta es la c, rocas ígneas.
27. La respuesta correcta es la a. Las rocas detríticas son una clase de rocas sedimentarias.
28. La respuesta correcta es la c. Las rocas metamórficas no son rocas ígneas y las plutónicas, que sí lo son, se forman en el interior de la Tierra, no es su superficie.
29. La respuesta correcta es la c. La erosión, el transporte y la sedimentación son procesos externos y la atmósfera, el viento, el agua y los seres vivos son los agentes externos que los producen.
30. La respuesta correcta es la b: pizarrosidad, esquistosidad y bandeado.
31. La respuesta correcta es la a. Las rocas metamórficas no se forman a partir de magmas (solo las ígneas) y los procesos de metamórficos los puede sufrir cualquier roca, sedimentaria, ígnea o incluso metamórfica.
32. La respuesta correcta es la b, y por supuesto que se puede saber la edad de una roca; hay métodos radiológicos que son bastante aproximados.
33. La respuesta correcta es la b, Aunque todos los métodos nombrados se usan, los basados en la velocidad de desintegración de algunos elementos radiactivos son los más habituales.
34. La respuesta correcta es la d. Primero se formó una atmósfera (muy distinta de la actual, claro) y después se formaron los océanos, los continentes y, por último, apareció la vida en forma de organismos unicelulares.
35. La respuesta correcta es la b: eones, eras, periodos, épocas.
36. La respuesta correcta es la a, el paleozoico.
37. La respuesta correcta es la d. Aunque la película se llame "Parque Jurásico", la gran extinción tuvo lugar en el periodo siguiente, el cretácico. En el jurásico, los dinosaurios eran "los amos de la Tierra".
38. La respuesta correcta es la c. En la historia de la Tierra en un día, esa hora corresponde a las épocas de las glaciaciones.